R E P U B L I Q U E F R A N Ç A I S E

PCT/FR 99/00249

16 FEV. 1999

09/601933

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

BREVET D'INVENTION

EJU

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 02 MAR 1999
WIPO PCT

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 10 FEV. 1999

Pour le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE
SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersbourg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

cerfa
N° 55 -1328

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES 09. FEV. 1998
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 98 01481
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75
DATE DE DÉPÔT 09 FEV. 1998

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

CABINET PLASSERAUD
84, rue D'Amsterdam
75440 PARIS CEDEX 09

n°du pouvoir permanent | références du correspondant MF-DPB970377 | téléphone 01 44 63 41 11

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

[X] brevet d'invention ☐ demande divisionnaire
☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande de brevet européen

demande initiale: ☐ brevet d'invention ☐ certificat d'utilité n° date

Établissement du rapport de recherche ☐ différé [X] immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance ☐ oui ☐ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

PROTOCOLE DE CONTROLE D'ACCES ENTRE UNE CLE ET UNE SERRURE ELECTRONIQUES.

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination: FRANCE TELECOM

Forme juridique: SOCIETE ANONYME

Nationalité (s) FRANCAISE

Adresse (s) complète (s)
6, PLACE D'ALLERAY
75015 PARIS

Pays: FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre ☐

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs ☐ oui [X] non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES ☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine	numéro	date de dépôt	nature de la demande

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

CABINET PLASSERAUD
Michel FRECHEDE (CPI N°92-1093)

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

BA 540 A/151196 H

INPI
INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cédex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITE

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9804981

MF/EMA - DPB970377

TITRE DE L'INVENTION :

PROTOCOLE DE CONTROLE D'ACCES ENTRE UNE CLE ET UNE SERRURE ELECTRONIQUES.

Le demandeur, FRANCE TELECOM,
représenté par
LE(S) SOUSSIGNÉ(S) CABINET PLASSERAUD
84,rue d'Amsterdam
F-75440 PARIS CEDEX 09

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

CLERC Fabrice
33, avenue Robert Schuman
F-14000 CAEN

GIRAULT Marc
9, rue Bernard Vanier
F-14000 CAEN

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

Le 9 février 1998.

CABINET PLASSERAUD
Michel FRECHEDE (CPI N° 92-1093).

BA 113/271196

PROTOCOLE DE CONTROLE D'ACCES ENTRE UNE CLE ET UNE SERRURE ELECTRONIQUES

La présente invention concerne un protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique, opérant ce contrôle d'accès, par un contrôle d'accès logique.

Le contrôle d'accès logique à des bâtiments, à des locaux abritant des systèmes de traitement de l'information ou de conservation de valeurs, valeurs fiduciaires, technologiques ou informationnelles, présente, à l'heure actuelle, un intérêt majeur croissant.

De tels processus de contrôle d'accès mettent en œuvre habituellement un élément d'accès portable, jouant le rôle d'une clé, désigné par ressource accédante, et une ressource accédée, jouant le rôle d'une serrure.

Le contrôle d'accès logique mis en œuvre entre la ressource accédée, constituant une serrure électronique, et la ressource accédante, jouant le rôle d'une clé électronique, consiste à l'heure actuelle en une succession d'opérations de vérification d'informations ou messages échangés entre la clé et la serrure électronique.

L'un des principaux avantages d'un contrôle d'accès logique, vis-à-vis de contrôles d'accès physiques classiques du type clé serrure, réside notamment dans la possibilité, pour le contrôle d'accès logique, de ne permettre l'accès à une ressource accédée que dans l'intervalle de temps d'une plage horaire courte prédéterminée.

Lorsque, toutefois, le système ressource accédante/ressource accédée concerne une ou plusieurs ressources accédantes permettant l'accès à une pluralité de

ressources accédées par la mise en œuvre d'un contrôle d'accès logique semblable, des opérations frauduleuses de reproduction pendant la plage horaire de validité, soit d'une clé électronique, constituant la ressource accédante, soit du dialogue de contrôle d'accès entre l'une des clés électroniques et l'une des ressources accédées, constituant une serrure électronique, sont alors susceptibles de permettre à tout fraudeur un accès illégitime à toutes les ressources accédées. La simple reproduction du dialogue de contrôle d'accès logique entre ressource accédante et l'une des ressources accédées permet par une attaque, dite attaque par rejeu, un tel accès illégitime.

Une solution classique mise en œuvre dans le but de répondre à un tel type d'attaque par utilisation illégitime consiste à mettre en œuvre un contrôle d'accès logique, basé sur ces mécanismes cryptographiques, permettant de limiter la période de validité des droits d'accès à une durée courte, afin de faire échec à toute utilisation illégitime en dehors de la plage de validité en cas de perte, de vol ou de détention illicite de la clé électronique. Une telle solution, décrite dans la demande de brevet français n° 2 722 596 (94 08770) publiée le 9 janvier 1996 au nom de FRANCE TELECOM et LA POSTE, consiste à établir une signature numérique de la plage horaire pendant laquelle l'accès est autorisé. L'accès à la ressource accédée est conditionnel à une vérification, au sein de cette ressource accédée, de la signature numérique précitée.

Une autre solution classique mise en œuvre dans le même but, en vue de répondre plus particulièrement à une attaque par rejeu, consiste à introduire un caractère de

variabilité ou de diversité du dialogue de contrôle d'accès entre la clé et la serrure électronique, au moyen d'une variable aléatoire. Une telle solution apparaît limitée en raison du fait que, d'une part, sauf à faire appel à une ou plusieurs variables physiques externes à caractère purement aléatoire, le caractère aléatoire des variables aléatoires obtenues au moyen des générateurs aléatoires ou pseudo-aléatoires usuels n'est pas totalement satisfait, alors que, d'autre part, le caractère non répétitif de la production d'un tel aléa n'est pas certain, ce qui peut ne pas décourager les fraudeurs de haute volée déterminés et disposant de ressources de calcul importantes.

En tout état de cause, les solutions précitées ne permettent donc d'inhiber avec certitude, ni une attaque par utilisation illégitime d'une clé électronique, ni une attaque par rejeu, pendant la plage horaire de validité, d'une ressource accédée.

La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités des solutions préconisées par l'art antérieur.

Un tel objet est notamment atteint par l'intégration au dialogue d'accès logique, entre une ressource accédante et au moins une ressource accédée, d'un processus d'authentification de la ressource accédante par la ressource accédée, l'autorisation ou le refus de l'accès étant rendu conditionnel au succès du processus d'authentification.

Un autre objet de la présente invention est en conséquence la mise en œuvre d'un protocole de contrôle d'accès entre une ressource accédante, constituée par une

clé électronique, et une ressource accédée, constituée par une serrure électronique, dans lequel le processus d'authentification est établi selon un protocole de défi réponse, dans lequel, en outre, de manière particulièrement remarquable, le risque de compromission de la clé électronique est sensiblement réduit à celui engendré par la présence, dans cette clé électronique, d'un simple droit d'accès.

Un autre objet de la présente invention est enfin l'inhibition de tout risque d'attaque d'une serrure électronique par rejeu dans une plage horaire de validité donnée, du fait de l'existence même du processus d'authentification.

Le protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique, opérant ce contrôle d'accès, objet de la présente invention, est remarquable par le fait que, suite à la mise en présence de la clé électronique et de la serrure électronique, ce protocole consiste en une transmission, de la serrure électronique à la clé électronique, d'un message variable aléatoire d'incitation à authentification de la clé électronique. Sur réception du message variable aléatoire d'incitation à authentification, un calcul et une transmission d'une valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification et de données spécifiques d'authentification sont effectués par la clé électronique vers la serrure électronique, la valeur de signature transmise étant calculée à partir d'une clé privée de signature et des données d'authentification. Suite à la réception, par la serrure électronique, de la valeur de signature et des données spécifiques d'authentifica-

tion, la serrure électronique effectue une vérification de l'authenticité de la valeur de signature, en fonction des données spécifiques d'authentification. Sur réponse positive ou négative à cette vérification l'accès est accepté, respectivement refusé.

Le protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique, objet de la présente invention, trouve application à tout type de ressource accédante et de ressource accédée.

Du fait de l'inhibition du risque d'attaque par rejeu, le calcul de la valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification rendant improbable la détermination de cette signature, en dehors de la possession physique de la clé électronique génératrice de cette dernière, le protocole, objet de la présente invention, apparaît particulièrement bien adapté à la gestion sécurisée d'une pluralité de ressources accédées, telles que des boîtes à lettres, voire des coffres de sécurité, au moyen d'une ou plusieurs ressources accédantes, ou clés électroniques, permettant l'accès licite à chacune des ressources accédées, le nombre des clés électroniques étant très inférieur au nombre de boîtes à lettres ou coffres de sécurité.

Il sera mieux compris à la lecture de la description et à l'observation des dessins dans lesquels :

- la figure 1a représente un schéma synoptique général illustratif du protocole de contrôle d'accès entre une clé et une serrure électroniques, objet de la présente invention ;

- la figure 1b représente un organigramme séquentiel illustratif de la succession des étapes permettant la

mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès entre une clé et une serrure électroniques, conforme à l'objet de la présente invention ;

- la figure 1c représente un mode de réalisation préférentiel d'une procédure de vérification de signature mise en œuvre par une serrure électronique, ressource accédée, conformément au protocole, objet de la présente invention ;

- la figure 1d représente, de manière illustrative, un mode opératoire permettant l'obtention d'un message variable aléatoire permettant d'assurer un processus d'authentification, conformément au protocole objet de la présente invention ;

- la figure 1e représente une procédure, conduite par la clé électronique, permettant une vérification auxiliaire de la clé publique autorisant cette clé électronique à effectuer l'opération de signature du message variable aléatoire dans le cadre de la mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention ;

- la figure 1f représente, de manière illustrative, un processus de réduction des attaques d'une serrure électronique en dehors d'au moins une plage horaire de validité, conformément au protocole objet de la présente invention ;

- la figure 1g représente une variante de mise en œuvre particulièrement avantageuse du processus de vérification auxiliaire représenté en figure 1e, dans lequel, en outre, lorsque la clé électronique est munie d'une horloge interne, une sécurité supplémentaire consistant en une invalidation totale de la clé électronique est prévue lors-

qu'une tentative d'accès est réalisée en dehors de la plage horaire validée ;

- la figure 2a représente une première variante avantageuse de mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention, grâce à laquelle la mémorisation d'une deuxième clé publique au niveau de chaque serrure électronique est supprimée, ce qui augmente le niveau de sécurité global de l'ensemble ;

- la figure 2b représente un organigramme séquentiel des étapes du protocole tel que représenté en figure 2a ;

- la figure 3a représente un schéma synoptique de l'architecture électronique d'une clé électronique permettant la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention ;

- la figure 3b représente un schéma synoptique de l'architecture électronique d'une serrure électronique permettant la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention.

Une description plus détaillée du protocole d'accès entre une clé électronique et une serrure électroniques opérant ce contrôle d'accès, par contrôle d'accès logique, conforme à l'objet de la présente invention, sera maintenant donnée en liaison avec les figures 1a et 1b.

D'une manière générale, on rappelle que le protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, consiste en un dialogue de contrôle d'accès logique entre la clé électronique et au moins une serrure électronique, à ce contrôle d'accès logique étant intégré un processus d'authentification de la clé électronique par la serrure électronique, en vue d'assurer l'autorisation ou le refus

de l'accès précité. Le processus d'authentification met en œuvre des opérations de calcul de signature de messages et/ou de données, ainsi que de vérification de ces signatures, ces opérations permettant d'assurer la vérification de l'authenticité des messages ou données précités.

De manière non limitative, les opérations de calcul de signature puis de vérification de signature mises en œuvre dans le protocole, objet de la présente invention, peuvent être effectuées, soit à partir d'un algorithme de signature à clé secrète, soit à partir d'un algorithme à clé publique mettant en œuvre une clé privée de signature, à laquelle est associée une clé publique de vérification de signature.

La réalisation des opérations de calcul de signatures et de vérification de ces signatures pour la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, est décrite dans la présente description dans un mode de réalisation préférentiel non limitatif, au moyen d'un algorithme de chiffrement ou de signature mettant en œuvre au moins une clé publique et une clé privée, l'algorithme retenu à titre d'exemple étant l'algorithme RSA, algorithme développé par RIVEST, SHAMIR et ADLEMAN. D'autres algorithmes à clé publique peuvent être utilisés sans inconvénient.

Conformément à la désignation habituelle, dans le cadre des processus de calcul de signatures et de vérification de ces signatures, on indique que lorsqu'un algorithme à clé publique est utilisé, toute clé de signature est une clé privée, cette clé devant être tenue secrète, alors que toute clé de vérification de signature est une clé publique, cette clé pouvant être divulguée. Lorsque

toutefois un algorithme à clé secrète est utilisé, cette clé secrète pouvant être utilisée comme une clé de chiffrement pour réaliser une opération de signature, une telle clé et la clé de vérification d'une telle signature sont impérativement des clés secrètes.

Par convention, pour toute clé privée utilisée pour calculer une signature, on note :

$S_{KS}(A,B,C)$, le calcul de la signature obtenue par application de la clé privée K_S au moyen de l'algorithme de signature utilisé, c'est-à-dire l'algorithme RSA dans le cadre de la présente description.

De la même manière, on note toute opération de vérification d'une signature donnée, la signature étant entendue comme un message numérique :

$V_{KP}(X,Y,Z)$, toute opération de vérification de signature effectuée par application de la clé publique K_P associée à la clé privée K_S sur les signatures ou messages signés X,Y,Z précités.

Dans toute opération de calcul de signature, respectivement de vérification de signature, A,B,C, respectivement X,Y,Z désignent les arguments soumis à l'opération de signature, respectivement de vérification de signature, ces arguments étant bien entendu constitués par des messages ou données, ainsi que mentionné précédemment.

Par définition, l'opération de vérification au moyen de la clé publique K_P appliquée à une signature obtenue au moyen d'une clé privée K_S appliquée sur un argument A et prenant A comme paramètre d'entrée permet d'obtenir une réponse Oui/Non à la vérification. Une telle vérification s'écrit :

- $V_{KP}(S_{KS}(A),A)$ = Oui/Non.

Dans le cas de la mise en œuvre d'algorithmes de signature et de vérification de signature dits à rétablissement de message, tel que l'algorithme RSA, une valeur vérifiée VA de l'argument A est obtenue, bien entendu réputée égale à l'argument A lui-même.

De manière plus spécifique, afin de permettre la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès objet de la présente invention, on indique que tant la clé électronique que la serrure électronique sont chacune munies de modules de calcul et de mémorisation de données, notés Ca_k et Ca_i, afin de permettre la mémorisation de tout message nécessaire au processus d'identification, le calcul des signatures et la vérification de ces signatures afin de permettre la mise en œuvre du processus d'authentification. Les indices k et i représentent une adresse ou référence physique attribuée à une clé électronique et à une serrure électronique respectivement.

Sur la figure 1a et les figures suivantes, on a désigné par EK_{kj} une clé électronique permettant la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, l'indice k correspondant à un numéro d'ordre ou d'identification de la clé électronique elle-même. L'indice j correspond à une adresse ou référence d'opération de validation de la clé électronique Ek_{kj}, ainsi qu'il sera décrit de manière plus détaillée ultérieurement dans la description. Chaque clé électronique EK_{kj} est ainsi munie du module de calcul Ca_k et d'un module de transmission de messages, notés T_k, représenté par une antenne filaire reliée à l'unité de calcul Ca_k, cette antenne filaire étant réputée permettre la transmission de messages par voie électromagnétique par exemple.

Il en est de même pour chaque serrure électronique, un ensemble de serrures électroniques, noté B_1, B_i à B_N, étant représenté sur la figure 1a, chaque serrure électronique B_i étant munie d'un module de calcul et de mémorisation Ca_i et d'un module de transmission représenté également par une antenne filaire, noté T_i, permettant également l'émission-réception de messages ou de données par voie électromagnétique par exemple.

Lors d'une tentative d'accès d'une clé EK_{kj} auprès d'une serrure B_i, les antennes filaires respectives T_k et T_i sont mises en vis-à-vis, afin de permettre l'échange de messages permettant d'assurer le contrôle d'accès logique précité.

D'une manière générale, sur la figure 1a et dans l'ensemble des figures accompagnant la présente description, dans tout schéma synoptique général mettant en œuvre les différents acteurs du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, toute transaction, c'est-à-dire échange de messages entre ces acteurs, est représentée par une flèche allant de l'un des acteurs à l'autre ou réciproquement.

Lorsqu'une opération est effectuée en interne, par l'un des acteurs, cette opération est représentée par une flèche fermée indiquant la réalisation d'une telle opération en interne pour l'acteur considéré.

Enfin, lorsqu'une transaction intervient entre deux acteurs, et lorsque cette transaction est réalisée comme un antécédent à la mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention, cette transaction est représentée par une flèche en pointillé.

Le protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique, objet de la présente invention, est mis en œuvre sous le contrôle d'une autorité de certification, telle que représentée schématiquement en figure 1a, cette autorité de certification ayant la charge d'assurer la gestion générale de l'ensemble des clés électroniques EK_{kj} et de l'ensemble des serrures électroniques B_i accessible par au moins l'une de ces clés électroniques.

L'autorité de certification telle que représentée en figure 1a peut consister en une entité de signature, laquelle est habilitée à choisir et définir une clé privée, notée K_S, dans le cadre de la mise en œuvre des algorithmes de signature précédemment mentionnés dans la description. La clé privée de signature K_S est choisie ainsi par l'entité de signature, cette clé de signature n'étant ni communiquée, ni divulguée à aucun autre acteur autorisé à mettre en œuvre le protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention.

L'autorité de certification comprend en outre une entité de validation, laquelle peut être distincte de l'entité de signature, mais hiérarchiquement liée à cette dernière. L'entité de signature communique à l'entité de validation la clé publique K_P associée à la clé privée K_S ainsi qu'un certain nombre de données d'authentification, notées DA_j, ces données d'authentification étant constituées en fait par la signature au moyen de la clé privée K_S détenue par l'autorité de certification d'un certain nombre d'arguments, comprenant notamment une deuxième clé publique, notée K'_P, une valeur de plage horaire, notée PH_j, cette valeur de plage horaire étant associée à la

deuxième clé publique K'_P ainsi que par exemple des données auxiliaires, notées AUX, spécifiques. Dans la suite de la description, on désigne indifféremment la plage horaire PH_j par plage de validité.

A la deuxième clé publique K'_P est associée une clé privée K'_S, l'initiative du choix de la deuxième clé privée K'_S et de la deuxième clé publique K'_P pouvant être accordée à l'entité de validation.

Afin d'assurer la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, chaque clé électronique EK_{kj} est soumise à une opération de validation, notée V_j, consistant à charger et/ou télécharger les messages et paramètres de données détenus par l'entité de validation et nécessaires à la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, dans les circuits mémoire de chaque clé électronique précitée EK_{kj}. Cette opération V_j est représentée en conséquence en pointillé sur la figure 1a, dans la mesure où cette dernière est effectuée bien entendu préalablement à la première utilisation d'une clé électronique déterminée. Lors de cette opération, les données d'authentification DA_j et la deuxième clé privée K'_S sont chargées dans les circuits mémoires de chaque clé électronique EK_{kj} et de préférence munies, au niveau de l'unité de calcul Ca_k, de circuits mémoires appropriés comportant au moins une zone de mémoire protégée, dont le niveau de protection correspond sensiblement à celui des zones mémoires protégées d'une carte à microprocesseur par exemple, afin de mémoriser la deuxième clé privée K'_S de manière sécurisée. En ce qui concerne les données d'authentification DA_j, celles-ci

sont, de manière spécifique, chargées préalablement à une ou plusieurs utilisations de la clé électronique EK_{kj}.

Ainsi, à chaque clé électronique EK_k, inutilisable avant toute opération dite de validation V_j, est en fait substituée une clé électronique opérationnelle EK_{kj}, l'indice j désignant la référence aux données d'authentification DA_j associées à la clé électronique précitée, et en particulier à la plage horaire de validité de la deuxième clé privée et de la deuxième clé publique K'_S, K'_P associées à cette plage horaire.

En outre, l'opération de validation V_j consiste à charger ou télécharger dans chaque clé EK_{kj} la première clé publique K_P correspondant à la première clé privée K_S détenue par l'autorité de certification. D'une manière spécifique, la première clé publique K_P est chargée une seule fois dans chaque clé électronique EK_{kj} préalablement à une ou plusieurs utilisations successives, en fonction de la politique de gestion des clés définie par l'autorité de certification pour chaque application considérée.

En ce qui concerne chaque serrure électronique B_i, on indique qu'une étape de validation de ces serrures électroniques, notée V_i sur la figure 1a, consiste à mémoriser et charger et/ou télécharger dans les circuits de mémorisation de chaque unité de calcul Ca_i la première et la deuxième clé publiques K_P, K'_P précédemment mentionnées dans la description.

Suite aux validations V_j et V_i précitées, le protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, peut alors être conduit entre une clé électronique validée EK_{kj} et toute serrure électronique B_i également validée, ainsi que mentionné précédemment.

Toute tentative d'accès par une personne préposée disposant d'une clé électronique EK_{kj} consiste pour cette dernière à mettre en présence les organes de transmission respectifs T_k et T_i de la clé électronique et de la serrure électronique.

Cette mise en présence ayant été réalisée à titre d'exemple non limitatif entre la clé et la serrure B_i représentées sur la figure 1a, la clé électronique EK_{kj} adresse à la serrure électronique B_i un message de demande d'identification, ce message étant noté A_{ki}. Le message de demande d'identification peut consister par exemple en un numéro d'identification spécifique à la clé électronique EK_{kj}. La serrure électronique B_i peut alors, suite à une vérification du message de demande d'identification A_{ki}, cette vérification pouvant consister en une simple vérification de valeur du message communiqué par rapport à des valeurs de référence, mettre en œuvre le protocole de contrôle d'accès, conforme à l'objet de la présente invention, tel qu'il sera décrit ci-après.

En référence à la figure précitée, le protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, consiste au moins, successivement, suite à la réception par la serrure électronique B_i du message de demande d'identification A_{ki} adressé par la clé électronique accédante, en une transmission de la serrure électronique B_i à la clé électronique EK_{kj}, d'un message variable aléatoire, noté a_{ij}, d'incitation à authentification de cette clé électronique.

Suite à la réception du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} par la clé électronique, cette dernière procède à une étape de calcul d'une valeur de signature C_i du message variable aléatoire d'in-

citation à authentification. Cette étape est notée, sur la figure 1a :

$$C_i = S_{K's}(a_{ij}).$$

Compte tenu de la convention précédemment indiquée, on comprend que la valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification est obtenue à partir de la deuxième clé privée K'_S. On comprend en particulier que l'opération de signature C_i du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} établit en fait le droit d'accès de la clé électronique à la serrure électronique, pour la valeur vraie de cette signature. On comprend en outre, selon un aspect particulièrement avantageux du protocole, objet de la présente invention, que ce droit d'accès est modifié, à chaque transaction et à chaque tentative d'accès.

Suite à cette étape de calcul de signature, une étape suivante est réalisée par la clé électronique EK_{kj}, cette étape consistant en une transmission vers la serrure électronique B_i de la signature C_i et des données spécifiques d'authentification DA_j, ces données étant bien entendu spécifiques à la plage horaire de validité PH_j de la deuxième clé privée K'_S et de la deuxième clé publique K'_P associées à cette plage de validité. L'opération de transmission précitée est notée C_i, DA_j sur la figure 1a.

Suite à la réception par la serrure électronique B_i de la valeur de signature C_i et des données spécifiques d'authentification DA_j, la serrure électronique B_i, ainsi que représentée par une flèche fermée sur la figure 1a, procède à une vérification de l'authenticité de la valeur de signature en fonction des données spécifiques d'authentification. L'opération de vérification précitée, par la

serrure électronique B_i, est notée $V_{KPK'P}((C_i, DA_j), K_p, K'_p)$ = Oui/Non de la même manière que précédemment.

Compte tenu de la convention adoptée précédemment, on comprend que l'étape de vérification précitée est réalisée par application de la première et de la deuxième clé publiques K_p, K'_p, prises comme paramètres. L'application des clés précitées peut permettre également de restituer des valeurs vérifiées, d'une part, du message variable aléatoire émis par la serrure électronique B_i vers la clé électronique, et, d'autre part, des données d'authentification spécifiques DA_j. L'opération de vérification permet à la serrure électronique B_i de décider, en fonction du caractère authentique de ces dernières, de l'acception ou au contraire du refus de l'accès sollicité. Ainsi, sur réponse positive, Oui, à l'étape de vérification précitée, l'accès est accepté alors qu'au contraire, sur réponse négative, Non, l'accès est refusé.

Une description séquentielle du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, tel qu'illustré par le schéma synoptique général représenté en figure 1a, sera maintenant donnée en liaison avec la figure 1b.

Sur la figure 1b, l'étape 1000 représente l'étape de transmission par la clé électronique EK_{kj} du message de demande d'identification A_{ki}. Cette étape est suivie d'une étape 1001 représentant la transmission du message variable aléatoire a_{ij} par la serrure électronique B_i vers la clé électronique EK_{kj}. L'étape 1002 suivante représente, à partir des données de validation initiales V_j successivement de calcul de la signature du message variable aléatoire C_i, puis de transmission de cette signature et des

données d'authentification spécifiques DA_j. L'étape 1002 précédente est elle-même suivie de l'étape 1003 réalisée par la serrure électronique à partir des données de validation initiales V_i de l'étape de vérification de l'authenticité de la valeur de signature, en fonction des données spécifiques d'authentification.

A titre d'exemple non limitatif, on indique que dans un but de simplification, l'étape de vérification précitée peut permettre d'engendrer une variable de vérification, notée V, correspondant elle-même à une valeur logique 0 ou 1, soit à la réponse Oui ou Non mentionnée précédemment. Dans ces conditions, l'étape 1003 est alors suivie d'une étape 1004, conduite au niveau de la serrure électronique, consistant à vérifier la valeur vraie de la variable logique de vérification V ou de la réponse Oui, Non. La valeur vraie de cette dernière permet de conduire à l'autorisation de l'accès à l'étape 1006, alors que l'absence de valeur vraie conduit au refus de l'accès à l'étape 1005.

En ce qui concerne la nature des données spécifiques d'authentification DA_j transmises par la clé électronique EK_{kj} à la serrure électronique B_i, on indique que ces dernières consistent au moins, ainsi que représenté sur la figure 1a, en un certificat de clé publique associée à la clé privée de signature K'_S. Ce certificat de clé publique consiste en une valeur de signature numérique d'au moins une plage de validité PH_j relative à un droit d'accès, et la deuxième clé publique K'_P.

Ainsi, compte tenu de la convention indiquée précédemment dans la description, les données spécifiques d'authentification DA_j correspondent-elles à la signature

S_{KS} de différents arguments tels que la deuxième clé publique K'_P associée à la clé privée de signature K'_S, au moins une plage horaire PH_J associée à la deuxième clé publique K'_P, ces données spécifiques d'authentification Daj étant obtenues par application de la clé privée de signature K_S de l'entité de signature. On comprend en particulier que différentes valeurs de plages horaires peuvent être utilisées par exemple grâce la mise en œuvre d'un programme de diversité permettant de choisir une plage horaire spécifique parmi plusieurs par exemple.

On note toutefois qu'outre les deux arguments de deuxième clé publique K'_P et PH_j précités, un autre argument relatif à des données auxiliaires AUX peut être soumis à l'opération de signature S_{KS} précitée. De manière avantageuse, ces données auxiliaires peuvent comprendre, de manière non limitative, un numéro de série de la clé électronique associée EK_{kj}, ce numéro de série représentant un code de l'indice k indicatif de la clé électronique précitée. D'autres données ou valeurs numériques peuvent être transmises par la clé électronique, par l'intermédiaire du champ relatif aux données auxiliaires, ainsi qu'il sera décrit ultérieurement dans la description.

En ce qui concerne les étapes de transmission 1000, 1001 et la sous-étape de transmission de l'étape 1002 telle que représentée en figure 1b, on indique que ces étapes sont réalisées grâce au système de transmission équipant, d'une part, la clé électronique EK_{kj} et, d'autre part, la serrure B_i, et portant la référence T_i pour cette dernière.

Enfin, dans un mode de mise en œuvre avantageux du protocole de contrôle d'accès objet de la présente inven-

tion, l'étape de transmission de la clé électronique EK_{kj} à la serrure électronique B_i, représentée en figure 1a et référencée 1002 en figure 1b, peut consister à transmettre, outre la valeur de signature C_i du message variable aléatoire d'incitation à authentification et les données d'authentification DA_j, la deuxième clé publique K'_p obtenue par exemple à partir des données d'authentification DA_j. Pour cette raison la deuxième clé publique K'_p est notée entre parenthèses lors de l'étape de transmission représentée en figure 1a et référencée 1002 en figure 1b. Dans un tel cas, il n'est bien entendu pas nécessaire, lors de l'opération de validation V_i de chaque serrure électronique B_i, de procéder à la mémorisation, dans cette serrure électronique, de cette deuxième clé publique K'_p. La première clé publique K_p permet alors, lors de l'opération de vérification des données d'authentification $\mathcal{V}_{KPK'P}(C_i, DA_j)$, d'attester de l'authenticité de la deuxième clé publique K'_p transmise.

D'une manière générale, l'étape de vérification, par la serrure électronique, de l'authenticité de la valeur de signature peut être effectuée au moyen d'une clé secrète lorsque l'opération de calcul de signature est réalisée à partir de cette clé secrète ou d'une autre clé secrète, ou d'une clé publique lorsque l'opération de signature est réalisée à partir d'une clé privée.

Une description plus détaillée de l'étape de vérification 1003 effectuée par la serrure électronique B_i sera maintenant donnée en liaison avec la figure 1c, dans le cas plus particulier non limitatif de la mise en œuvre d'un algorithme à rétablissement de message, tel que l'algorithme RSA.

Ainsi que représenté sur la figure précitée, l'étape de vérification 1003 comporte successivement une première étape de vérification, notée 1003a, effectuée par la serrure électronique B_i, cette vérification consistant à vérifier l'authenticité des données spécifiques d'authentification DA_j sur critère de comparaison à des données de référence, mémorisées préalablement dans les circuits mémoires de la clé électronique EK_{kj}. On comprend en particulier que l'application de la première clé publique K_P disponible à la signature S_{KS}, permet bien entendu, compte tenu des conventions précédentes, d'obtenir une valeur vérifiée de la clé publique K'_P associée à la clé privée de signature K'_S, cette valeur vérifiée de clé publique étant notée VK'_P, ainsi que bien entendu une valeur vérifiée de la valeur de plage horaire PH_j. Lorsque des données auxiliaires ont été transmises par l'intermédiaire de l'argument AUX dans la signature S_{KS}, ces données auxiliaires sont également restituées.

Ainsi, et de manière non limitative, les données de référence mémorisées dans les circuits mémoires de la clé électronique EK_{kj} correspondent, non seulement à la deuxième clé publique K'_P associée à la clé privée de signature K'_S, à la valeur de plage horaire PH_j, et le cas échéant à un numéro de série de la clé, lequel peut être mémorisé dans un circuit protégé accessible en lecture seulement. La comparaison des valeurs vérifiées suite à l'opération de vérification vis-à-vis de ces valeurs de référence peut alors être effectuée par simple comparaison d'égalité à l'étape 1003a. A l'étape 1003a, on a simplement représenté le test d'égalité de la valeur vérifiée de

la deuxième clé publique VK'_P à la valeur de la deuxième clé publique mémorisée K'_P.

Sur réponse positive au critère de comparaison précité effectué à l'étape 1003a, une deuxième vérification est effectuée par la serrure électronique B_i à l'étape 1003b. Cette deuxième vérification, ainsi que représenté sur la figure précitée, consiste à effectuer une vérification de la valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification.

Cette deuxième vérification est notée, compte tenu des convention précédentes :

- $\mathcal{V}_{K'P}(C_i) = \mathcal{V}_{K'P}(S_{K'S}(a_{ij}))$.

On comprend qu'au cours de cette deuxième étape de vérification réalisée à l'étape 3000b, on obtient ainsi une valeur vérifiée du message variable aléatoire d'incitation à authentification, valeur vérifiée Va_{ij}. Cette valeur vérifiée du message variable aléatoire d'incitation à authentification peut alors être comparée à la valeur du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij}, lequel aura bien entendu été mémorisé préalablement au niveau des circuits mémoires de la serrure électronique B_i.

Ainsi, on comprend que la deuxième vérification de la valeur de signature est effectuée conditionnellement à la vérification de la deuxième clé publique K'_P associée à la clé privée de signature K'_S , et donc en définitive en fonction des données spécifiques d'authentification DA_j précitées.

D'une manière générale, on indique que la première vérification représentée à l'étape 1003a de la figure 1c de l'authenticité des données spécifiques d'authentification, peut consister à contrôler la plage de validité PH_j

associée à la deuxième clé publique K'_P. En effet, l'étape de vérification V_{KP}, par l'application de la première clé publique K_P à la signature $S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX)$ permet, seule bien entendu, l'obtention de la valeur de la plage de validité horaire PH_j associée à la deuxième clé publique K'_P.

En ce qui concerne le message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} mentionné précédemment dans la description, on indique, ainsi que représenté en figure 1d, que ce dernier peut être fonction d'une valeur d'identification de la serrure électronique, cette valeur d'identification étant notée CB_i sur la figure 1d et pouvant correspondre à un numéro de série ou numéro arbitraire codé, attribué à la serrure électronique B_i précitée.

Ainsi que représenté en outre en figure 1d, le message variable aléatoire a_{ij} peut également être fonction d'une valeur variable continûment croissante, cette valeur variable continûment croissante, notée CO, s'analysant en une valeur de comptage, laquelle peut correspondre à une valeur de date exprimée en années, Y, mois, M, jours, D, heures, H, minutes, m, et secondes, s.

On comprend par exemple que le champ CB_i et le champ CO, relatifs à la valeur d'identification de la serrure électronique et à la valeur variable continûment croissante, peuvent être codés sur un même nombre de bits, 32 bits par exemple ou plus, chaque champ pouvant alors être combiné bit à bit à partir d'une loi de composition logique par exemple, pour engendrer une composante du message variable aléatoire d'incitation à authentification, notée r_{ij}, ainsi que représenté sur la figure 1d. Sur

cette figure, la loi de composition est notée ⊗, une loi de composition telle qu'une opération OU exclusif ou autre pouvant par exemple être envisagée. Le message variable aléatoire a_{ij} est ensuite obtenu par concaténation à la composante r_{ij} des champs CB_i et CO. Un tel mode de codage permet de garantir le caractère non répétitif du message variable aléatoire ainsi obtenu.

Alors que le champ relatif au numéro de série de la serrure électronique CB_i peut être donné par tout élément mémoire protégé disponible au niveau des circuits de mémorisation de la serrure électronique précitée, on indique que la valeur de comptage CO peut être délivrée soit par un compteur incrémental, soit par une horloge interne disponible au niveau de chaque serrure électronique. La mise en œuvre d'un compteur incrémental présente l'avantage d'une simplification des circuits nécessaires à la mise en œuvre de chaque serrure électronique.

Une variante particulièrement avantageuse de mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique, conforme à l'objet de la présente invention, sera maintenant décrite en liaison avec la figure 1e.

Sur la figure 1e, on a représenté la clé électronique EK_{kj} telle que représentée par exemple en figure 1a. Toutefois, outre les circuits de calcul Ca_k associés à la clé électronique précitée, on indique que celle-ci est munie d'une horloge interne, notée CK sur la figure 1e précitée. Cette horloge interne délivre un signal d'horloge, noté VCK, à l'unité de calcul Ca_k correspondante.

Dans ces conditions, ainsi que représenté sur la figure 1e, le protocole, objet de la présente invention,

consiste en outre, en une étape de vérification auxiliaire d'autorisation de calcul de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification. Cette vérification auxiliaire est notée 1007 sur la figure 1e. Elle est conduite par la clé électronique EK_{kj} suite à la réception du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} à l'étape 1001 représenté en figure 1a, mais préalablement à l'étape de calcul et de transmission par la clé électronique d'une valeur de signature représentée à l'étape 1002 sur la figure précitée.

Cette étape de vérification auxiliaire 1007 consiste en une vérification, au moyen de la première clé publique K_P, du certificat de clé publique et de la plage de validité PH_j associée à la deuxième clé publique précitée K'_P vis-à-vis de l'horloge interne.

Compte tenu des conventions précédentes, l'opération de vérification est notée :

$$\mathcal{V}_{KP}(S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX), K'_P) = \text{Oui/Non},$$

la deuxième clé publique K'_P étant prise comme paramètre. Toutefois, la mise en œuvre d'un algorithme à rétablissement de message conduit à une opération notée :

$$\mathcal{V}_{KP}(S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX)).$$

Cette opération permet d'obtenir la valeur vérifiée VK'_P de la deuxième clé publique, laquelle, ainsi que mentionné précédemment, peut être comparée à la valeur de la deuxième clé publique K'_P.

L'étape de vérification précitée permet alors d'obtenir la plage de validité horaire PH_j, c'est-à-dire de la valeur vérifiée de celle-ci. La valeur du signal d'horloge VCK est alors comparée à la plage de validité horaire PH_j, ce qui permet en fait de vérifier la validité

de la deuxième clé publique K'_P à laquelle est associée la plage de validité horaire précitée. A titre d'exemple non limitatif, on indique que, pour une plage de validité horaire donnée, la valeur du signal d'horloge VCK peut être comparée aux bornes délimitant la plage de validité horaire PH_j précitée.

L'étape 1007a est alors suivie d'une étape 1007b, consistant en une vérification de l'association de la deuxième clé privée de signature K'_S à la deuxième clé publique K'_P dont la validité a été vérifiée à l'étape 1007a précédente. L'opération de vérification d'association réalisée à l'étape 1007b peut consister, ainsi que représenté sur la figure 1e, à calculer une signature, notée $S_{K'S}(X)$, cette signature étant obtenue par application de la deuxième clé privée de signature K'_S à une variable aléatoire X engendrée par la clé électronique EK_{kj}. A cette valeur de signature de vérification $S_{K'S}(X)$ est alors appliquée une étape de vérification proprement dite, constituant l'étape de vérification d'association, cette vérification portant sur la signature calculée précédemment et étant notée :

$$\mathcal{V}_{K'P}(S_{K'S}(X)).$$

Cette étape de vérification restitue une valeur vérifiée de la variable aléatoire X, laquelle est notée VX à l'étape 1007b. Un test de comparaison de la valeur vérifiée VX de la variable aléatoire X et de la variable aléatoire X mémorisée précédemment permet de conclure à la validité de l'association de la deuxième clé privée de signature K'_S à la deuxième clé publique K'_P dont la validité a été vérifiée à l'étape précédente 1007a.

La vérification de la compatibilité de la plage de validité horaire PH_j avec le signal d'horloge VCK, de l'identité de la valeur vérifiée VK'_P de la deuxième clé publique K'_P à la valeur de la deuxième clé publique K'_P et de la valeur vérifiée de la variable aléatoire VX à la valeur de la variable aléatoire X en un test de réponse positive 1007c, tel que représenté en figure 1e,permet de poursuivre, à l'étape 1007e, le protocole conforme à l'objet de la présente invention, laquelle est alors suivie de l'étape 1002 de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij}, ou respectivement, sur réponse négative, en une étape 1007d, d'une interruption du protocole précité.

La mise en œuvre des opérations de vérification 1007a et 1007b à partir des algorithmes de vérification de signature à rétablissement de message précédemment cités, tels que l'algorithme RSA, pourra être réalisée de préférence lorsque, dans l'étape de transmission ultérieure de la clé électronique EK_{kj} à la serrure électronique B_i, il est procédé à la transmission de la deuxième clé publique K'_p. Dans tout autre cas, en l'absence d'une telle transmission, l'opération de vérification peut être ramenée à une opération du type :

$$V_{KP}(S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX), K'_p) = \text{Oui/Non},$$

la deuxième clé publique K'_p étant prise comme paramètre.

En outre, le protocole, objet de la présente invention, peut être adapté de façon à limiter toute attaque hors de la plage de validité horaire PH_j associée à la deuxième clé publique K'_p.

Dans ce but, ainsi que représenté en figure 1f, au cours de l'étape de vérification par la serrure électroni-

que B_i de l'authenticité de la valeur de signature, étape 1003 sur la figure 1a, et de manière plus particulière, étapes 1003a et 1003b de la figure 1c, suite à la première étape de vérification 1003a de l'authenticité des données spécifiques d'authentification DA_j, consistant à contrôler la plage de validité associée à la première clé publique K_P mais préalablement à la deuxième étape de vérification 1003b représentée en figure 1c, une pluralité de tests représentés en $1003a_1$, figure 1f, peut être prévue, de façon à limiter toute attaque hors de la plage de validité horaire précitée. Sur la figure 1f, la pluralité de tests est représentée de manière non limitative en une comparaison de la valeur de comptage CO délivrée par la serrure électronique B_i ou, le cas échéant, d'un signal horaire délivré par une horloge lorsque la serrure électronique est munie d'une horloge, dans la plage de validité horaire précitée. De manière plus spécifique, ce test peut consister à comparer la valeur de comptage CO aux valeurs limites définissant la plage de validité horaire PH_j précitée par exemple. En cas de non-appartenance de la variable de comptage CO ou du signal horaire correspondant à la plage de validité horaire, toute tentative d'accès est refusée par la serrure électronique B_i. D'autres tests limitant l'attaque hors de la plage de validité peuvent être envisagés.

Pour ce qui concerne la mise en œuvre de tests visant à limiter toute attaque hors d'une plage horaire PH_j déterminée, un mode de mise en œuvre préférentiel non limitatif sera décrit ci-après, dans le cas où la clé électronique est munie d'une horloge temps réel. Lors de toute tentative d'accès, les étapes de vérification telles que

1007a ayant été valablement effectuées au niveau de la clé électronique EK_{kj}, en particulier celle de la compatibilité de la variable horaire délivrée par le signal d'horloge VCK avec la plage horaire PH_j, on mémorise dans la clé électronique EK_{kj} la variable horaire courante VCK délivrée par l'horloge temps réel.

Lors de l'étape de transmission de la clé électronique EK_{kj} vers la serrure électronique B_i, représentée Fig.1a et référencée 1002 en Fig.1b, on transmet, outre la valeur de signature, C_i, et les données d'authentification, DA_j, ainsi que le cas échéant la deuxième clé publique K'_p, cette variable horaire VCK, laquelle, pour cette raison, est représentée entre parenthèses.

Les étapes suivantes de vérification peuvent alors être conduites dans la serrure électronique B_i.

Ainsi que représenté sur la figure 1f, pour une valeur de comptage CO délivrée par un compteur équipant la serrure électronique B_i, une valeur de comptage à l'instant de la tentative d'accès et une valeur de référence VC_{ref}, correspondant par exemple à une valeur de comptage lors d'une tentative d'accès précédente, sont mémorisées dans la serrure.

Pour une plage horaire PH_j réduite à un intervalle temporel $[VH_1, VH_2]$, on vérifie alors que la variable horaire VCK mémorisée et transmise est postérieure à VH_1 et antérieure à VH_2 et qu'en outre, VCK est postérieure à VC_{ref}. Si l'une des vérifications précédentes n'est pas satisfaite, l'accès à la serrure B_i est interdit. Il est accepté dans le cas contraire.

Bien entendu, la plage PH_j peut, de manière non limitative, comprendre plusieurs intervalles temporels

disjoints. Dans ce cas, la plage horaire PH_j peut être exprimée sous forme d'une union d'intervalles temporels :

$$PH_j = [VH_1, VH_2] \cup [VH_3, VH_4] \cup \ldots \cup [VH_{n-1}, VH_n]$$

U représentant le symbole UNION.

Les bornes délimitant chaque intervalle temporel peuvent avantageusement être exprimées chacune comme une date en jour, mois, année et un horaire en heures, minutes, secondes.

Afin de conférer un très haut niveau de sécurité au protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, des mesures plus strictes encore peuvent être prévues, en particulier au niveau de la clé électronique EK_{kj} afin de limiter encore tout risque d'utilisation frauduleuse d'une telle clé électronique, en particulier en cas de perte ou de vol. Dans ce but, ainsi que représenté en figure 1g, l'étape 1002 représentée en figure 1a de calcul d'une valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification peut être précédée d'une étape de vérification auxiliaire d'autorisation de signature, reprenant certains des éléments de l'étape de vérification 1007 représentée à la figure 1e, mais augmentant le niveau de sécurité de cette vérification en introduisant une étape d'auto-invalidation de la clé électronique EK_{kj} dans les conditions qui seront explicitées ci-après.

Pour la mise en œuvre de l'étape de vérification auxiliaire représentée en figure 1g, de la même manière que dans le cas de la mise en œuvre de l'étape de vérification auxiliaire de la figure 1e, la clé électronique EK_{kj} est munie d'une horloge CK délivrant un signal d'horloge VCK.

Dans ces conditions, ainsi que représenté sur la figure 1g, l'étape de vérification auxiliaire 1007 comprend une étape de contrôle d'appartenance d'une variable temporelle, le signal d'horloge VCK délivré par l'horloge temps réel CK, vis-à-vis de la plage de validité horaire PH_j. On comprend dans ce but que l'étape 1007a représentée en figure 1g correspond sensiblement à l'étape 1007a représentée en figure 1e.

Il en est de même pour l'étape 1007b représentée sur les deux figures précitées.

Dans le cas de la figure 1g, l'étape 1007c de la figure 1e est en fait subdivisée en deux sous-étapes $1007c_1$ et $1007c_2$ par exemple.

L'étape $1007c_1$ consiste à effectuer un contrôle d'appartenance de la variable temporelle VCK délivrée par l'horloge temps réel vis-à-vis de la plage de validité horaire PH_j. Sur réponse positive au test de l'étape $1007c_1$, le test $1007c_2$ consiste à réaliser par exemple la comparaison de la valeur vérifiée VK'_P de la deuxième clé publique K'_P à la valeur de la deuxième clé publique K'_P ainsi que de la valeur vérifiée VX de la variable aléatoire X à la variable aléatoire X précitée.

En cas de réponse négative au test de l'étape $1007c_1$ par exemple, c'est-à-dire en l'absence d'appartenance de la variable temporelle VCK à la plage horaire PH_j, le protocole, objet de la présente invention, consiste à mettre en œuvre une étape $1007c_3$ d'invalidation de la clé électronique EK_{kj}. L'étape d'invalidation $1007c_3$ conduit alors bien entendu à une étape 1007d d'interruption du protocole de contrôle d'accès, objet de la pré-

sente invention, la clé électronique étant de fait inutilisable.

Pour réaliser la mise en œuvre de l'invalidation de la clé électronique EK_{kj}, on indique que différents recours techniques peuvent être mis en œuvre, tels que mise en court-circuit franc de la tension d'alimentation des circuits électroniques, c'est-à-dire du circuit de calcul Ca_k de la clé électronique, et dissipation totale de l'énergie électrique permettant l'alimentation de ces circuits, ou le cas échéant positionnement d'une ou plusieurs variables de mise hors service permettant d'inhiber le fonctionnement de la clé électronique considérée.

Au contraire, sur réponse positive au test de l'étape $1007c_2$ représenté en figure 1g, la réponse positive au test précité conduit à la poursuite du protocole à l'étape 1007e, c'est-à-dire à l'étape 1002 de calcul de signature de la variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} ainsi que représenté en figure 1a.

Différentes variantes de mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, peuvent bien entendu être envisagées, en particulier afin d'assurer un niveau de sécurité optimum, tant au niveau de chaque clé électronique EK_{kj} que de chaque serrure électronique B_i.

Sur la figure 2a, on a représenté une variante de mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, objet de la présente invention, particulièrement remarquable par le fait que toute mémorisation d'une deuxième clé publique K'_P, au niveau de chaque serrure électronique B_i, est supprimée.

Dans ce but, d'une première part, on indique que l'opération de validation de chaque serrure électronique B_i consiste en une opération de validation V_i, dans laquelle seule la première clé publique K_P est mémorisée au niveau des mémoires des organes de calcul de chaque serrure électronique B_i.

D'une deuxième part, l'opération de validation V_j de chaque clé électronique EK_{kj} consiste à transmettre uniquement les données spécifiques d'authentification DA_J et la deuxième clé privée de signature K'_S. La deuxième clé privée de signature K'_S est transmise et mémorisée dans les mémoires des circuits de calcul Ca_k de la clé électronique EK_{kj}.

Au cours d'une tentative d'accès, conformément au protocole, objet de la présente invention, les étapes de transmission du message d'identification de demande d'accès A_{ki} et de transmission de la serrure électronique B_i à la clé électronique EK_{kj} du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} sont inchangées.

Au contraire, l'étape 1002 précédemment décrite de calcul de la valeur de signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification a_{ij} est modifiée de la façon ci-après. Une vérification des données d'authentification est en premier lieu effectuée, cette vérification étant notée $V_{KP}(S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX))$.

Avec la convention précédente, la deuxième clé publique K'_P est restituée, ce qui permet ensuite d'effectuer, à partir de la deuxième clé privée de signature K'_S disponible, l'opération de calcul de valeur de signature du message variable aléatoire, notée $C_i = S_{K'S}(a_{ij})$. Cette valeur de signature étant disponible et mémorisée, l'opé-

ration de transmission de la signature du message variable aléatoire d'incitation à authentification C_i, des données spécifiques d'authentification DA_j et de la deuxième clé publique K'_p à la serrure B_i peut alors être effectuée.

Le protocole, objet de la présente invention, est alors repris à l'étape 1003 de la figure 1a par exemple par la serrure B_i.

L'ensemble des étapes de vérification puis de calcul de la valeur de signature C_i suivi de la transmission précitée, est représenté aux étapes 1002a, 1002b, 1002c de la figure 2b, préalablement à la mise en œuvre de l'étape 1003 précédemment mentionnée.

Des éléments descriptifs complémentaires seront maintenant donnés relativement à l'architecture d'une clé électronique et d'une serrure électronique permettant la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès, conforme à l'objet de la présente invention, en liaison avec les figures 3a et 3b.

Sur la figure 3a, on a représenté une clé électronique EK_{kj}, laquelle est munie d'un module de calcul cryptographique, noté Ca_k, et du module de transmission de messages ou de données, noté E_k, accompagné d'une antenne d'émission-réception de type filaire, notée T_k, ainsi que mentionné précédemment dans la description. Le module de calcul cryptographique comprend, outre une unité centrale de calcul, notée CPU, une zone mémoire à accès protégé, notée 1, permettant la mémorisation d'au moins une valeur de signature d'une plage de validité horaire attribuée à la clé électronique, cette valeur de signature correspondant bien entendu aux données spécifiques d'authentification DA_j précédemment mentionnées dans la description. La

zone mémoire à accès protégé 1 permet également la mémorisation d'une clé de vérification de signature, la première clé publique K_P, c'est-à-dire de la signature précitée, constituée par les données spécifiques d'authentification. Elle permet également d'assurer la mémorisation d'une clé de signature, la deuxième clé de signature K'_S mentionnée précédemment dans la description. Ce mode de réalisation correspond au mode de mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention, tel que représenté en figure 1a.

Le module de calcul cryptographique Ca_k comporte également une mémoire accessible en lecture, notée 2, de type ROM, permettant l'appel, par l'unité centrale CPU, de programmes de calcul de la valeur de signature d'un message variable aléatoire, le message a_{ij} précédemment mentionné dans la description, et de vérification de signature à partir des clés de signature, respectivement de vérification de signature, les clés K'_S et K_P précédemment mentionnées dans la description. La mémoire accessible en lecture 2 de la clé permet la mémorisation de programmes de calcul de valeurs de signature du message variable aléatoire et de vérification de signatures à partir des clés de signature K'_S et de vérification de signatures K_P, K'_P, selon les organigrammes représentés en figures 1e et 1g précédemment décrites dans la description.

Outre ces éléments, en fonction du mode de mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention, le module de calcul cryptographique Ca_k comporte par exemple une horloge, portant la référence 3, délivrant le signal d'horloge VCK mentionné dans la description à l'unité centrale CPU, ainsi que bien entendu une mémoire de travail

de type RAM, portant la référence 4, accessible en lecture et en écriture.

Enfin, l'ensemble est muni d'un port série, noté PS, permettant la mise en œuvre de l'étape de validation V_j précédemment mentionnée dans la description.

En ce qui concerne la serrure électronique B_i représentée en figure 3b, celle-ci est bien entendu munie d'un module de calcul cryptographique, noté Ca_i, et d'un module de transmission-réception de messages E_i auxquels est associée une antenne, représentée de type filaire de manière non limitative sur la figure 3b, portant la référence T_i.

Le module de calcul cryptographique Ca_i comporte, outre une unité centrale de calcul, notée également CPU, une zone mémoire à accès protégé à l'unité centrale de calcul. Cette zone mémoire à accès protégé permet la mémorisation d'au moins une clé publique de vérification de signature, c'est-à-dire la première clé publique K_P et la deuxième clé publique K'_P dans le cas de mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention tel que représenté en figure 1a, ou respectivement la mémorisation d'une seule clé publique, la première clé publique K_P dans le cas de mise en œuvre du protocole, objet de la présente invention selon les figures 2a et 2b.

En outre, reliée à l'unité centrale de calcul, est également prévue une mémoire accessible en lecture 6, permettant, par l'unité centrale, l'appel de programmes de vérification de signature à partir de la clé ou des clés publiques K_P, K'_P précédemment mentionnées. La mémoire accessible en lecture 6 permet par exemple la mémorisation des programmes de vérification de signature, dont l'orga-

nigramme correspond à celui représenté en figures 1d, 1c et 1f, précédemment décrite dans la description. De même, un compteur 7 ou le cas échéant une horloge en temps réel et un port série PS sont prévus.

On a ainsi décrit un protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique opérant ce contrôle d'accès particulièrement performant dans la mesure où la clé électronique, munie d'un potentiel cryptographique, est en mesure d'authentifier sa tentative d'accès vis-à-vis de chacune des serrures électroniques accédées.

Un tel protocole apparaît d'un intérêt majeur en raison du fait que l'opération de signature par la clé du message variable d'incitation à authentification constituant un droit d'accès de nature variable, changeant à chaque transaction, l'attaque par rejeu est ainsi évitée.

Enfin, le protocole, objet de la présente invention, peut être mis en œuvre de façon à obtenir une optimisation du niveau de sécurité globale dans la mesure où la mémorisation d'une seule clé publique de vérification de signature au niveau de chaque serrure électronique peut être réalisée. Il constitue un procédé de sécurisation de contrôle d'accès. Cette optimisation est adaptée en fonction des applications.

Le protocole, objet de la présente invention, et la clé et la serrure électronique permettant la mise en œuvre d'un tel protocole apparaissent particulièrement adaptés à la gestion par des préposés habilités de coffres de valeurs ou de boîtes à lettres par exemple.

REVENDICATIONS

1 Protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique opérant ce contrôle d'accès, caractérisé en ce que, suite à la mise en présence de ladite clé électronique et de ladite serrure électronique, celui-ci consiste au moins successivement en :

- une transmission de ladite serrure électronique à ladite clé électronique d'un message variable aléatoire d'incitation à authentification de cette clé électronique, et, sur réception dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification,

- un calcul et une transmission, de ladite clé électronique à ladite serrure électronique, d'une valeur de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification et de données spécifiques d'authentification, ladite valeur de signature étant calculée à partir d'une clé privée de signature et de ces données spécifiques d'authentification, et, suite à la réception par ladite serrure électronique de ladite valeur de signature et desdites données spécifiques d'authentification,

- une vérification, par ladite serrure électronique, de l'authenticité de ladite valeur de signature, en fonction desdites données spécifiques d'authentification, et, sur réponse positive ou négative de ladite vérification,

- acceptation, respectivement refus, dudit accès.

2. Protocole selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites données spécifiques d'authentification transmises par ladite clé électronique à ladite serrure électronique consistent au moins en un certificat de clé

publique associée à ladite clé privée de signature, ledit certificat de clé publique consistant en une valeur de signature numérique d'au moins une plage de validité relative à un droit d'accès, et ladite clé publique.

3. Protocole selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de vérification, par la serrure électronique, de l'authenticité de la valeur de signature est effectuée au moyen d'une clé secrète ou d'une clé publique.

4. Protocole selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que ladite étape de vérification, par ladite serrure électronique, de ladite valeur de signature, comporte successivement :

- une première vérification, par ladite serrure électronique de l'authenticité desdites données spécifiques d'authentification sur critère de comparaison à des données de référence, et, sur réponse positive audit critère de comparaison,

- une deuxième vérification, par ladite serrure électronique de ladite valeur de signature, en fonction desdites données spécifiques d'authentification.

5. Protocole selon les revendications 2 et 4, caractérisé en ce que ladite première étape de vérification par ladite serrure électronique de l'authenticité desdites données spécifiques d'authentification consiste à contrôler ladite plage de validité associée à ladite clé publique.

6. Protocole selon la revendication 4, caractérisé en ce que la plage de validité comprend plusieurs intervalles temporels disjoints.

7. Protocole selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que chaque plage de validité consiste en au

moins un intervalle temporel comportant deux bornes exprimées chacune comme une date en jour, mois, année et un horaire en heures, minutes, secondes.

8. Protocole selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit message variable aléatoire d'incitation à authentification est fonction d'une valeur d'identification de ladite serrure électronique et d'une valeur variable continûment croissante.

9. Protocole selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que, suite à la réception dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification par ladite clé électronique mais préalablement à l'étape de calcul et de transmission par ladite clé électronique d'une valeur de signature, ladite clé électronique étant munie d'une horloge interne, ledit protocole consiste en outre, en une étape de vérification auxiliaire d'autorisation de calcul de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification, ladite étape de vérification auxiliaire consistant à :

- vérifier, au moyen de ladite clé publique, ledit certificat de clé publique et ladite plage de validité associée à cette clé publique, vis-à-vis de ladite horloge interne, ladite vérification permettant en fait de vérifier la validité de ladite clé publique ;
- vérifier l'association de ladite clé privée de signature à ladite clé publique, dont la validité a été vérifiée à l'étape précédente, et, sur critère de réponse positive et négative aux deux étapes de vérification précédentes,
- poursuivre, respectivement interrompre, ledit protocole de contrôle d'accès.

10. Protocole selon l'une des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que, au cours de ladite étape de vérification par ladite serrure électronique de l'authenticité de ladite valeur de signature, suite à ladite première étape de vérification par cette serrure électronique de l'authenticité des données spécifiques d'authentification consistant à contrôler ladite plage de validité associée à ladite clé publique mais préalablement à ladite étape de deuxième vérification par cette serrure électronique de l'authenticité de ladite valeur de signature, ledit protocole comprend en outre une pluralité de tests limitant toute attaque hors de ladite plage de validité.

11. Protocole selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que préalablement à ladite étape de calcul et de transmission de ladite clé électronique à ladite serrure électronique d'une valeur de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification et de données spécifiques d'authentification, ladite clé électronique étant munie d'une horloge temps réel, ledit protocole comprend :

- une étape de contrôle d'appartenance d'une variable temporelle délivrée par ladite horloge temps réel vis-à-vis de ladite plage de validité, et, sur réponse négative à ladite étape de contrôle d'appartenance,

- une étape d'invalidation de ladite clé électronique interrompant ledit contrôle d'accès et entraînant le refus dudit accès par ladite serrure électronique.

12 Clé électronique comprenant des moyens de calcul cryptographique et des moyens de transmission de messages ou de données pour la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès à une serrure électronique par cette clé

électronique selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que, outre une unité centrale de calcul, lesdits moyens de calcul cryptographique comportent au moins :

- une zone mémoire à accès protégé, permettant la mémorisation d'au moins une valeur de signature d'une plage de validité horaire attribuée à ladite clé électronique et d'une clé de signature ou de vérification de signature ;

- une mémoire accessible en lecture, permettant l'appel de programmes de calcul de la valeur de signature d'un message variable aléatoire, délivré par cette serrure électronique, et de vérification de signature à partir desdites clés de signature, respectivement de vérification de signature.

13. Serrure électronique comprenant des moyens de calcul cryptographique et des moyens de transmission de messages ou de données pour la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès à cette serrure électronique par une clé électronique, selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que, outre une unité centrale de calcul, lesdits moyens de calcul comportent au moins :

- une zone mémoire à accès protégé, permettant la mémorisation d'au moins une clé publique de vérification de signature ;

- une mémoire accessible en lecture, permettant l'appel de programmes de vérification de signature à partir de ladite au moins une clé publique.

FIG.1a.

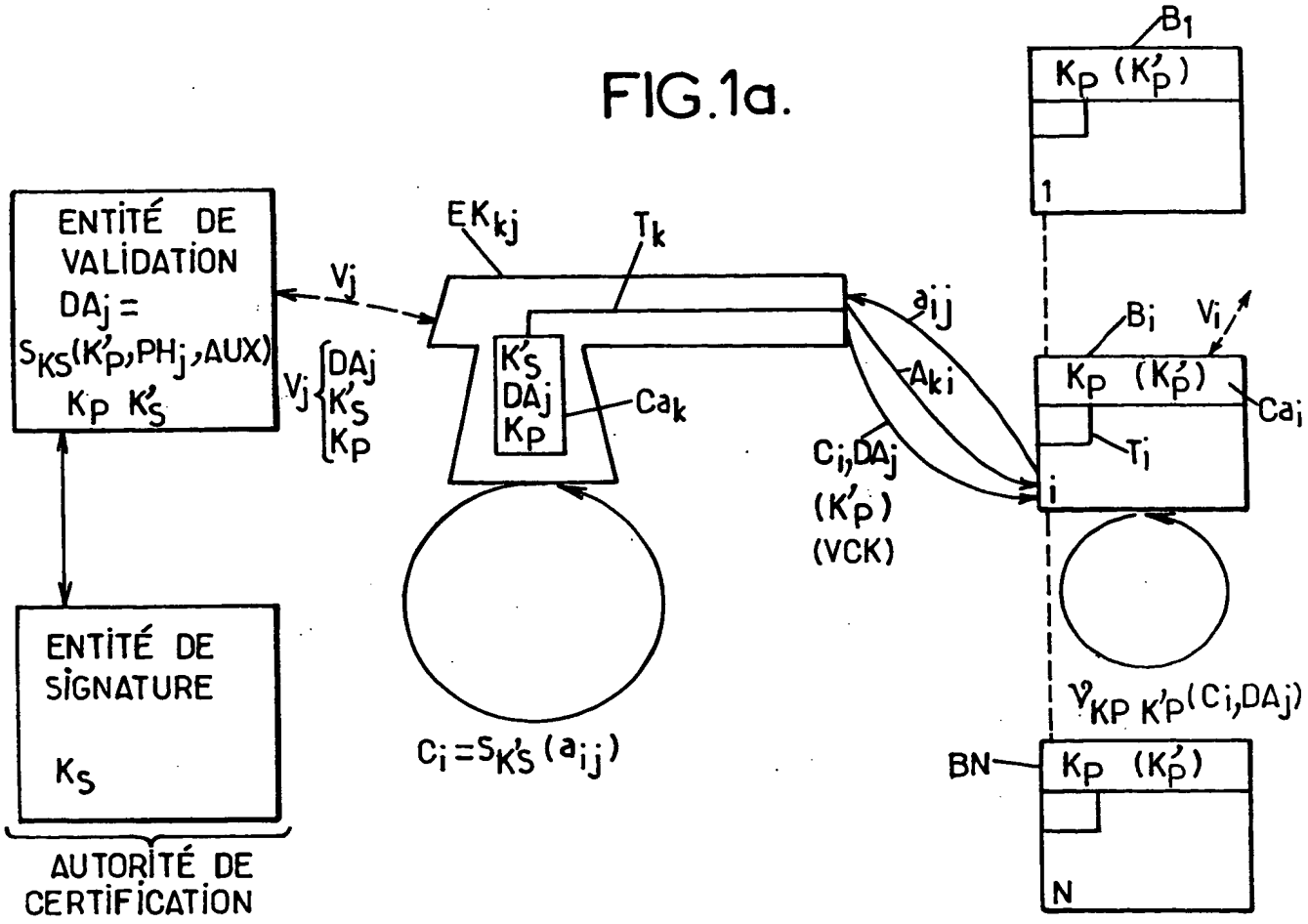

ENTITÉ DE VALIDATION
DAj = SKS(K'P, PHj, AUX)
KP K'S
ENTITÉ DE SIGNATURE
KS
AUTORITÉ DE CERTIFICATION
Vj
Vj {DAj K'S KP
EKkj
Tk
K'S DAj KP
Cak
aij
Aki
Ci, DAj (K'P) (VCK)
Ci = SK'S (aij)
B1
KP (K'P)
1
Bi
Vi
KP (K'P)
Cai
Ti
i
VKP K'P (Ci, DAj)
BN
KP (K'P)
N

FIG.1b.

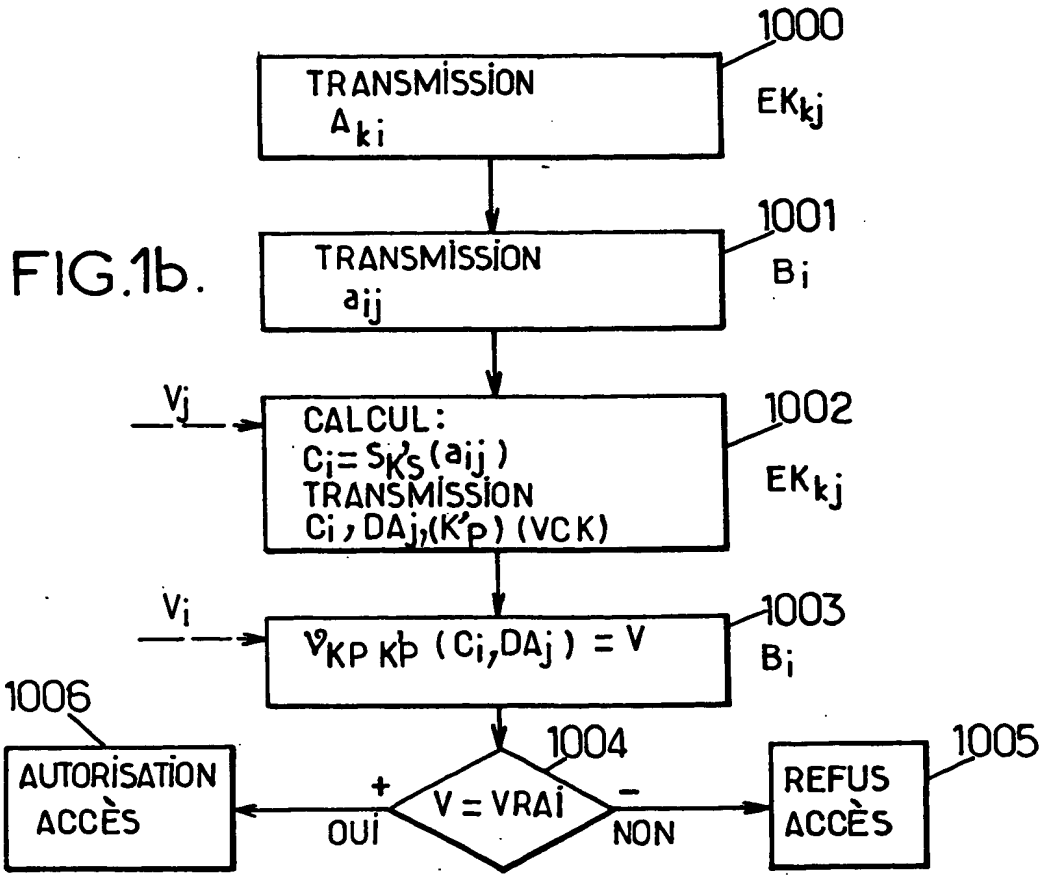

1000
TRANSMISSION Aki
EKkj
1001
TRANSMISSION aij
Bi
Vj
1002
CALCUL: Ci = SK'S (aij)
TRANSMISSION Ci, DAj, (K'P) (VCK)
EKkj
Vi
1003
VKP K'P (Ci, DAj) = V
Bi
1006
AUTORISATION ACCÈS
1004
V = VRAI
+
OUI
−
NON
1005
REFUS ACCÈS

FIG.1c.

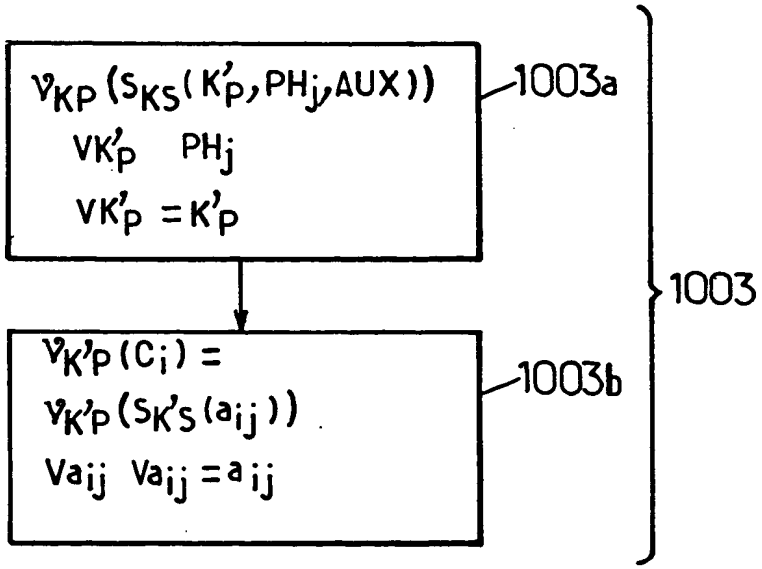


FIG.1d.

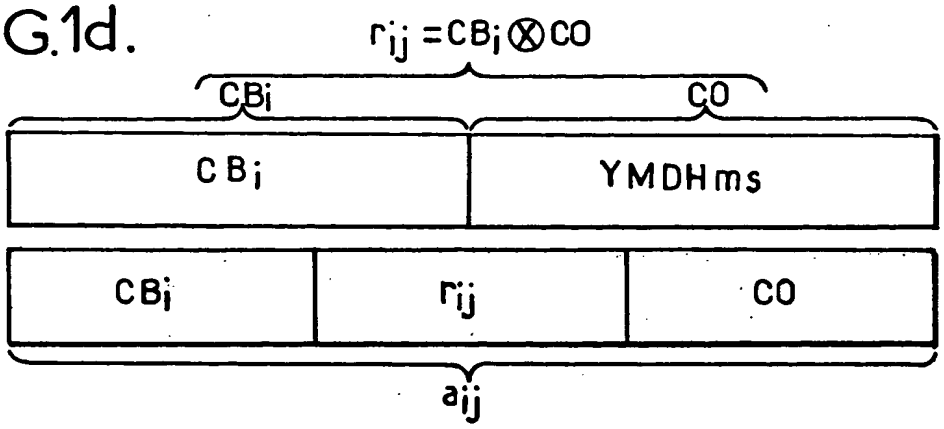
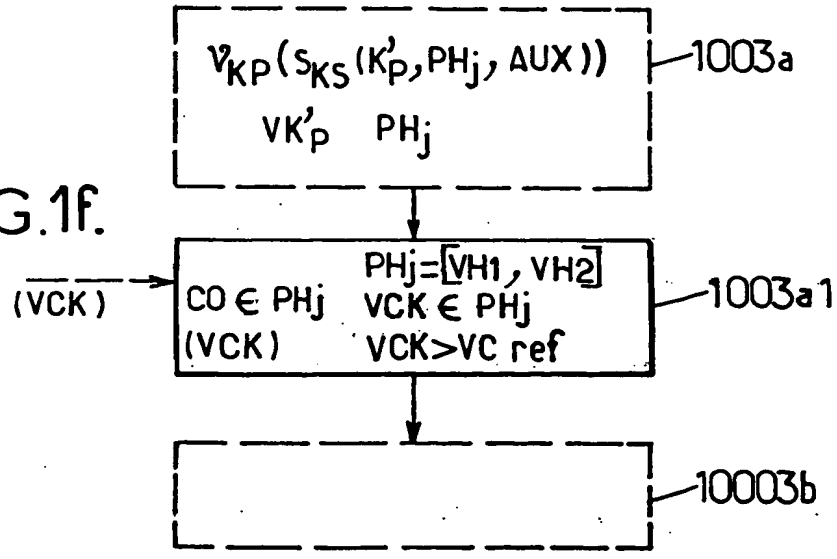


FIG.1f.



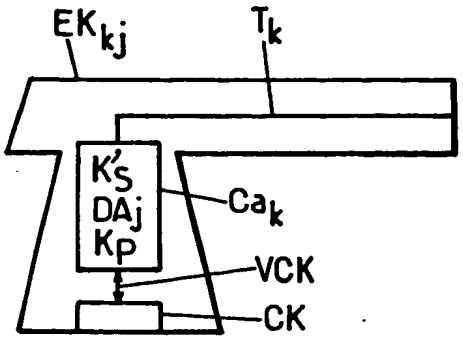

EK kj
Tk
K'S
DAj
KP
Cak
VCK
CK

FIG.1e.

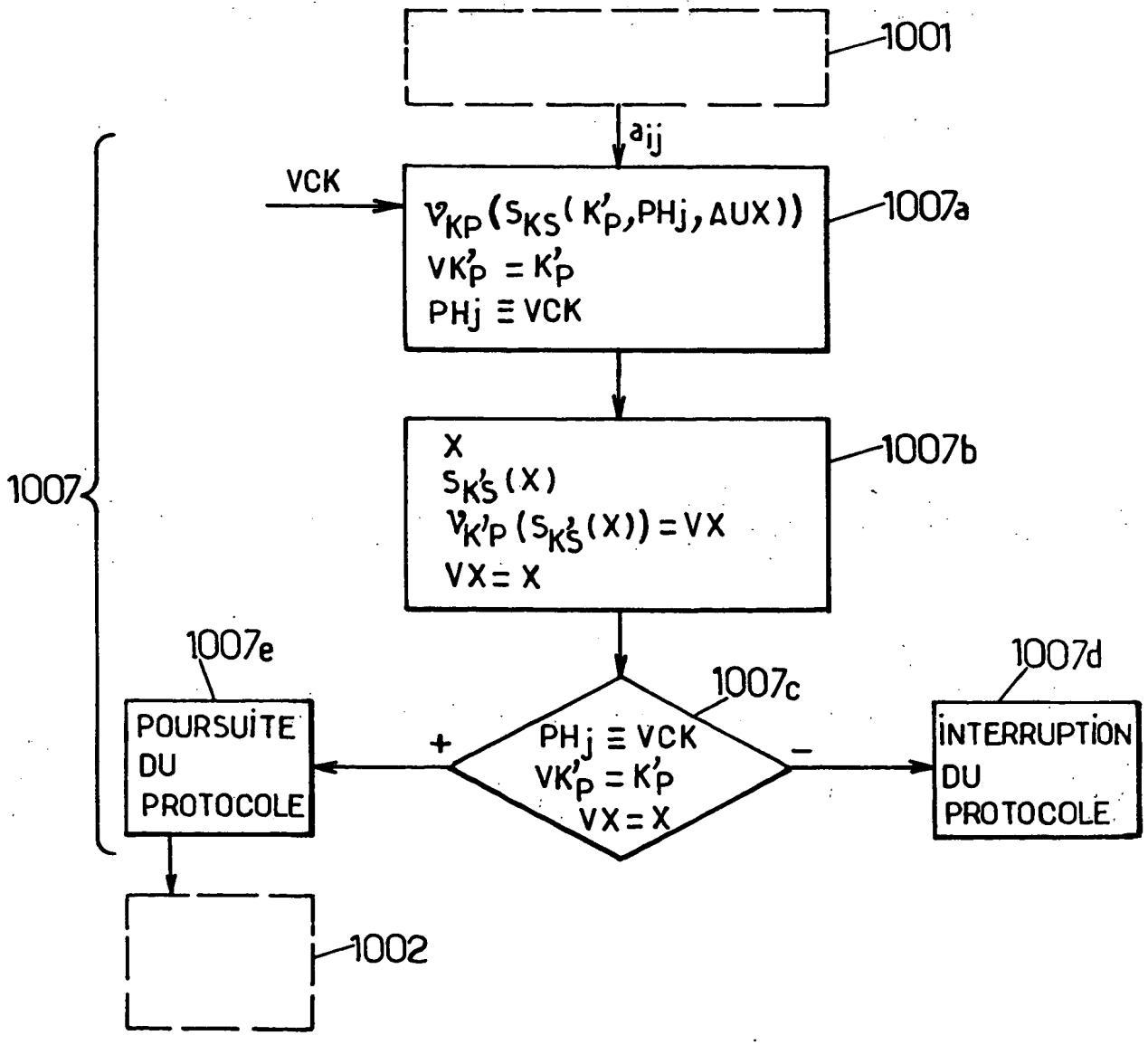

1001
aij
VCK
VKP (SKS (K'P, PHj, AUX))
VK'P = K'P
PHj ≡ VCK
1007a
X
SK'S (X)
VK'P (SK'S (X)) = VX
VX = X
1007b
1007
1007e
POURSUITE DU PROTOCOLE
+
PHj ≡ VCK
VK'P = K'P
VX = X
1007c
-
1007d
INTERRUPTION DU PROTOCOLE
1002

FIG. 1g.

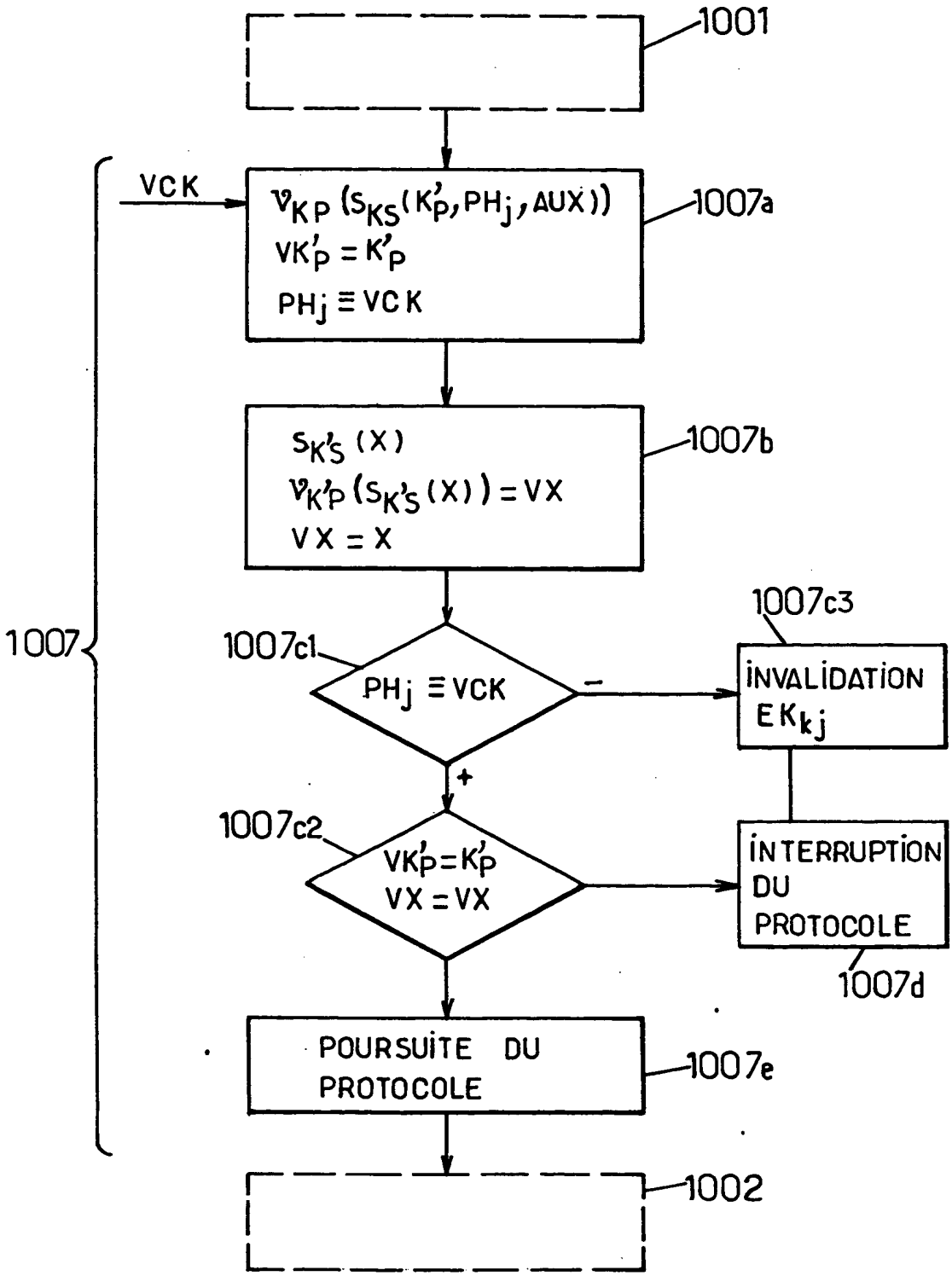

1001
VCK
$\vartheta_{KP}(S_{KS}(K'_P, PH_j, AUX))$
$VK'_P = K'_P$
$PH_j \equiv VCK$
1007a
$S_{K'S}(X)$
$\vartheta_{K'P}(S_{K'S}(X)) = VX$
$VX = X$
1007b
1007
1007c1
$PH_j \equiv VCK$
−
1007c3
INVALIDATION
EK_{kj}
+
1007c2
$VK'_P = K'_P$
$VX = VX$
INTERRUPTION DU PROTOCOLE
1007d
POURSUITE DU PROTOCOLE
1007e
1002

FIG. 2a.

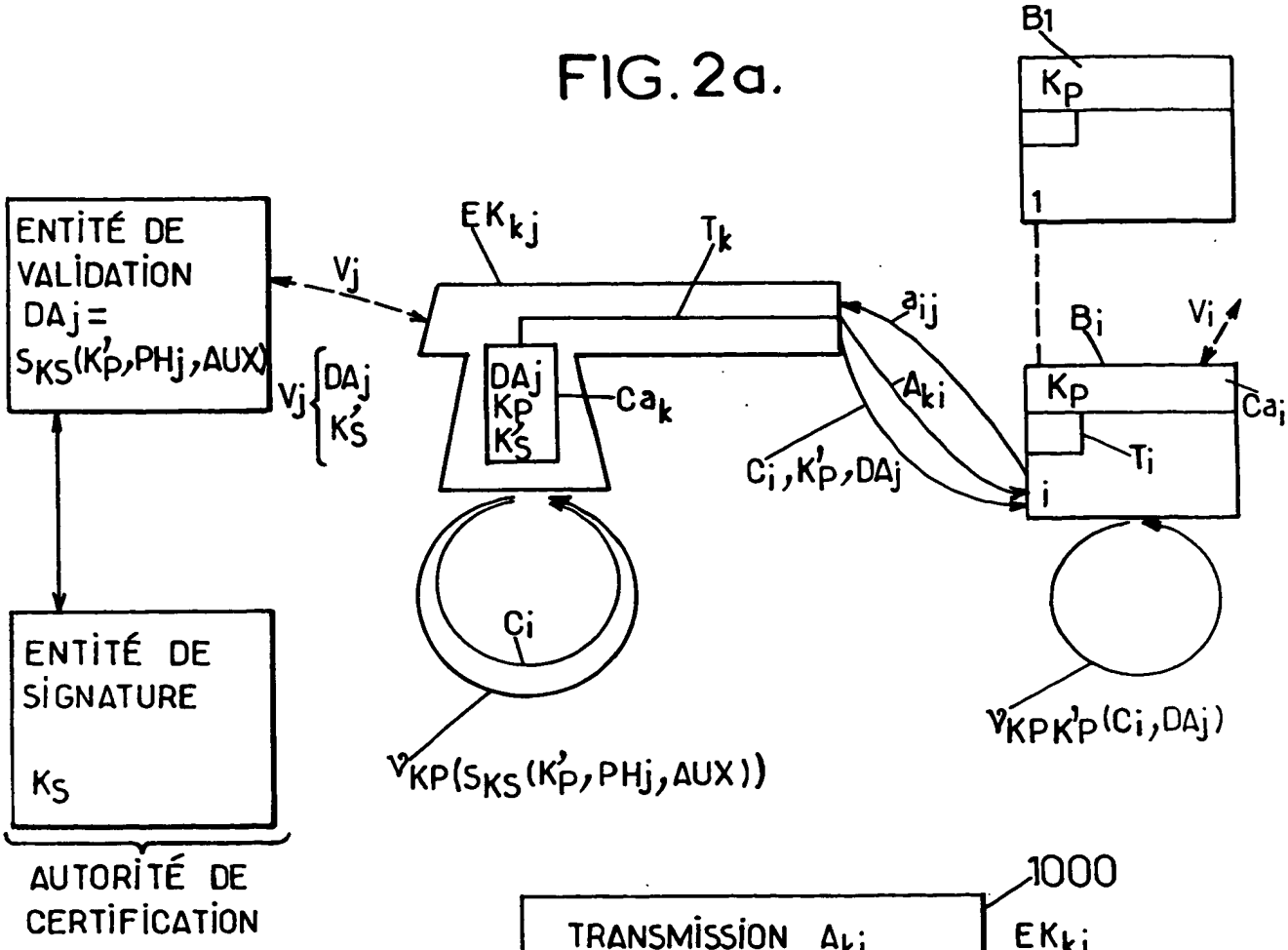

B1
Kp
1
ENTITÉ DE VALIDATION
DAj = SKS(K'P, PHj, AUX)
Vj
EKkj
Tk
aij
Bi
Vi
DAj
KP
K'S
Cak
Aki
Kp
Cai
Ci, K'P, DAj
Ti
i
Ci
ENTITÉ DE SIGNATURE
KS
AUTORITÉ DE CERTIFICATION
VKP(SKS(K'P, PHj, AUX))
VKPK'P(Ci, DAj)

FIG. 2b.

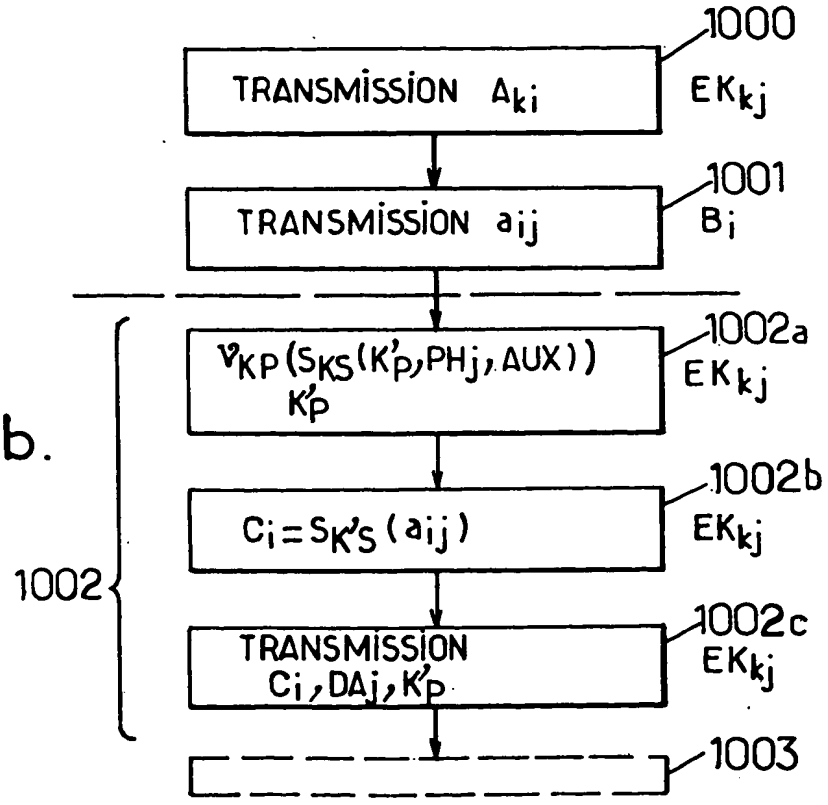
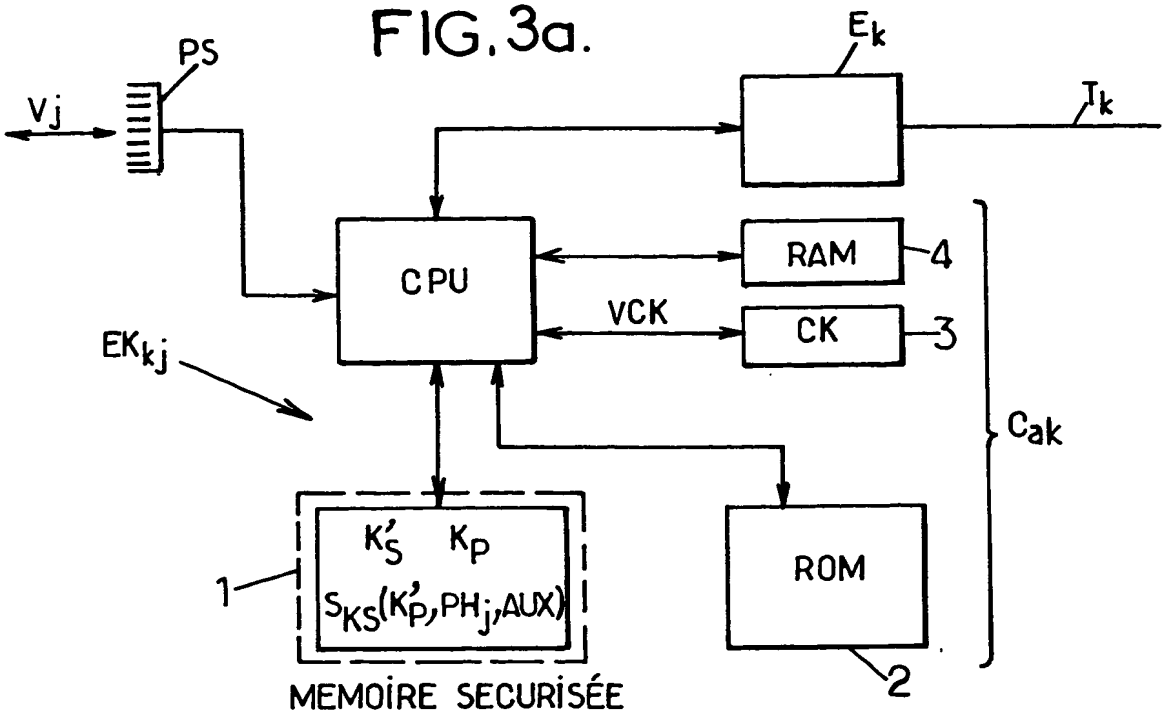

1000
TRANSMISSION Aki
EKkj
1001
TRANSMISSION aij
Bi
1002a
VKP(SKS(K'P, PHj, AUX))
K'P
EKkj
1002b
Ci = SK'S(aij)
EKkj
1002
1002c
TRANSMISSION Ci, DAj, K'P
EKkj
1003

FIG.3a.


PS
Vj
Ek
Ik
CPU
RAM
4
VCK
CK
3
EKkj
Cak
K'S KP
SKS(K'P,PHj,AUX)
1
ROM
2
MEMOIRE SECURISÉE

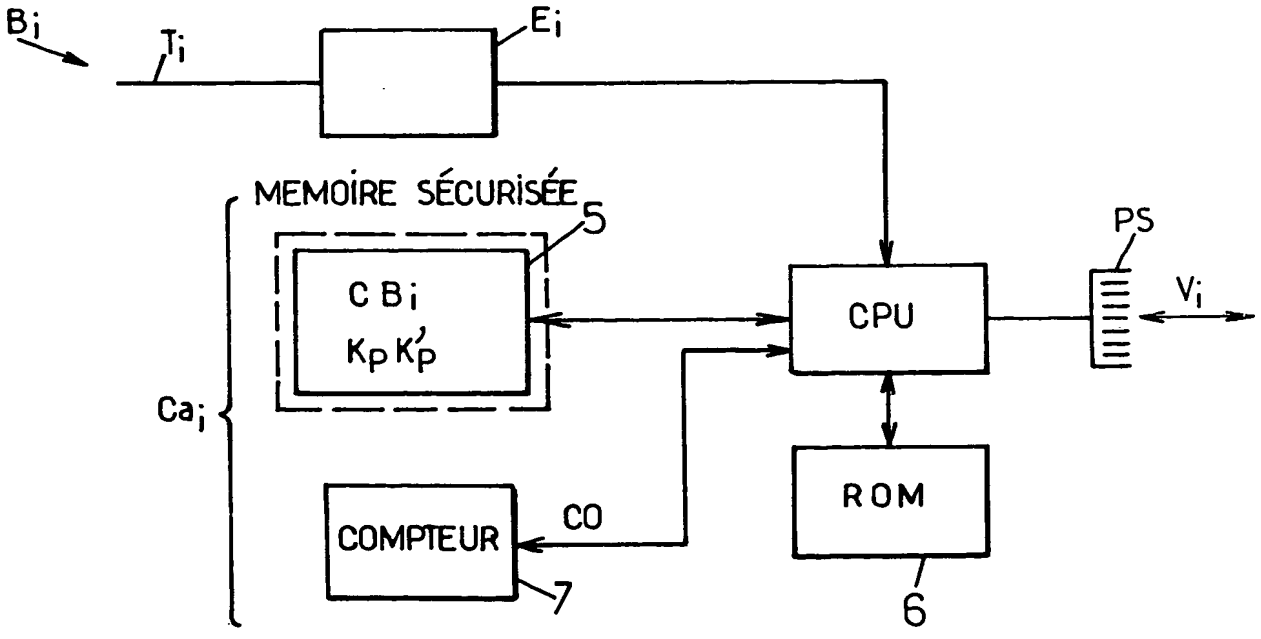

Bi
Ti
Ei
MEMOIRE SÉCURISÉE
5
C Bi
KP K'P
Cai
PS
Vi
CPU
ROM
6
COMPTEUR
CO
7

FIG.3b.

REVENDICATIONS

1 Protocole de contrôle d'accès entre une clé électronique et une serrure électronique opérant ce contrôle d'accès, dans lequel, suite à la mise en présence de ladite clé électronique et de ladite serrure électronique, une transmission de ladite serrure électronique à ladite clé électronique d'un message variable aléatoire d'incitation à authentification de cette clé électronique est effectuée, caractérisé en ce que, sur réception dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification, celui-ci consiste au moins successivement en :

- un calcul et une transmission, de ladite clé électronique à ladite serrure électronique, d'une valeur de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification et de données spécifiques d'authentification, lesdites données spécifiques d'authentification transmises par ladite clé électronique à ladite serrure électronique consistant au moins en un certificat de clé publique associée à ladite clé privée de signature, ledit certificat de clé publique consistant en une valeur de signature numérique d'au moins une plage de validité relative à un droit d'accès, et de ladite clé publique, ladite valeur de signature étant calculée à partir d'une clé privée de signature et de ces données spécifiques d'authentification, et, suite à la réception par ladite serrure électronique de ladite valeur de signature et desdites données spécifiques d'authentification,

- une vérification, par ladite serrure électronique, de l'authenticité de ladite valeur de signature, en fonction desdites données spécifiques d'authentification,

et, sur réponse positive ou négative de ladite vérification,

- acceptation, respectivement refus, dudit accès.

2. Protocole selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de vérification, par la serrure électronique, de l'authenticité de la valeur de signature est effectuée au moyen d'une clé secrète ou d'une clé publique.

3. Protocole selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite étape de vérification, par ladite serrure électronique, de ladite valeur de signature, comporte successivement :

- une première vérification, par ladite serrure électronique de l'authenticité desdites données spécifiques d'authentification sur critère de comparaison à des données de référence, et, sur réponse positive audit critère de comparaison,

- une deuxième vérification, par ladite serrure électronique de ladite valeur de signature, en fonction desdites données spécifiques d'authentification.

4. Protocole selon les revendications 1 et 3, caractérisé en ce que ladite première étape de vérification par ladite serrure électronique de l'authenticité desdites données spécifiques d'authentification consiste à contrôler ladite plage de validité associée à ladite clé publique.

5. Protocole selon la revendication 3, caractérisé en ce que la plage de validité comprend plusieurs intervalles temporels disjoints.

6. Protocole selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que chaque plage de validité consiste en au moins un intervalle temporel comportant deux bornes expri-

mées chacune comme une date en jour, mois, année et un horaire en heures, minutes, secondes.

7. Protocole selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit message variable aléatoire d'incitation à authentification est fonction d'une valeur d'identification de ladite serrure électronique et d'une valeur variable continûment croissante.

8. Protocole selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, suite à la réception dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification par ladite clé électronique mais préalablement à l'étape de calcul et de transmission par ladite clé électronique d'une valeur de signature, ladite clé électronique étant munie d'une horloge interne, ledit protocole consiste en outre, en une étape de vérification auxiliaire d'autorisation de calcul de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification, ladite étape de vérification auxiliaire consistant à :

- vérifier, au moyen de ladite clé publique, ledit certificat de clé publique et ladite plage de validité associée à cette clé publique, vis-à-vis de ladite horloge interne, ladite vérification permettant en fait de vérifier la validité de ladite clé publique ;

- vérifier l'association de ladite clé privée de signature à ladite clé publique, dont la validité a été vérifiée à l'étape précédente, et, sur critère de réponse positive et négative aux deux étapes de vérification précédentes,

- poursuivre, respectivement interrompre, ledit protocole de contrôle d'accès.

9. Protocole selon l'une des revendications 3 à 8, caractérisé en ce que, au cours de ladite étape de vérification par ladite serrure électronique de l'authenticité de ladite valeur de signature, suite à ladite première étape de vérification par cette serrure électronique de l'authenticité des données spécifiques d'authentification consistant à contrôler ladite plage de validité associée à ladite clé publique mais préalablement à ladite étape de deuxième vérification par cette serrure électronique de l'authenticité de ladite valeur de signature, ledit protocole comprend en outre une pluralité de tests limitant toute attaque hors de ladite plage de validité.

10. Protocole selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que préalablement à ladite étape de calcul et de transmission de ladite clé électronique à ladite serrure électronique d'une valeur de signature dudit message variable aléatoire d'incitation à authentification et de données spécifiques d'authentification, ladite clé électronique étant munie d'une horloge temps réel, ledit protocole comprend :

- une étape de contrôle d'appartenance d'une variable temporelle délivrée par ladite horloge temps réel vis-à-vis de ladite plage de validité, et, sur réponse négative à ladite étape de contrôle d'appartenance,
- une étape d'invalidation de ladite clé électronique interrompant ledit contrôle d'accès et entraînant le refus dudit accès par ladite serrure électronique.

11. Clé électronique comprenant des moyens de calcul cryptographique et des moyens de transmission de messages ou de données pour la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès à une serrure électronique par cette clé

électronique selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que, outre une unité centrale de calcul, lesdits moyens de calcul cryptographique comportent au moins :

- une zone mémoire à accès protégé, permettant la mémorisation d'au moins une valeur de signature d'une plage de validité horaire attribuée à ladite clé électronique et d'une clé de signature ou de vérification de signature ;

- une mémoire accessible en lecture, permettant l'appel de programmes de calcul de la valeur de signature d'un message variable aléatoire, délivré par cette serrure électronique, et de vérification de signature à partir desdites clés de signature, respectivement de vérification de signature.

12. Serrure électronique comprenant des moyens de calcul cryptographique et des moyens de transmission de messages ou de données pour la mise en œuvre du protocole de contrôle d'accès à cette serrure électronique par une clé électronique, selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que, outre une unité centrale de calcul, lesdits moyens de calcul comportent au moins :

- une zone mémoire à accès protégé, permettant la mémorisation d'au moins une clé publique de vérification de signature ;

- une mémoire accessible en lecture, permettant l'appel de programmes de vérification de signature à partir de ladite au moins une clé publique.